



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för energi och teknik

Energismarta ishallar

Energy smart ice arenas

Linda Lundmark, Hanna Marklund, Egil Schultz, Catarina Sparre,
Lovisa Svensson, Philip Wallgren

Kandidatuppsats i teknik

Civilingenjörsprogrammet i energisystem

Examensarbete 2017:13
ISSN 1654-9392
Uppsala 2017

Energismarta ishallar

Energy smart ice arenas

*Linda Lundmark, Hanna Marklund, Egil Schultz, Catarina Sparre,
Lovisa Svensson, Philip Wallgren*

Handledare: Åke Nordberg, institutionen för energi och teknik, SLU

Examinator: Sven Smårs, institutionen för energi och teknik, SLU

Omfattning: 15 hp

Nivå, fördjupning och ämne: Grundnivå, G2E, teknik

Kurstitel: Självständigt arbete i energisystem

Kurskod: EX0759

Program/utbildning: Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Serietitel: Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)

Delnummer i serien: 2017:13

ISSN: 1654-9392

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: energieffektivisering, energibesparing, solceller, uppvärmning, energifönster, isläggning, klimatskärm

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Abstract

This project has been regarding the ability to make Ice Arenas more Energy Smart. Using info and data from the A-hall in Gränby, Uppsala, different suggestions to make the arena better has been developed. There has also been taking under consideration whether the solutions are applicable in other Ice arenas in Sweden. The suggestions has focused on minimizing the energy usage, and if there is a realistic investment to install solar panels on the roof of the arena. The project has been based on theoretical studies, calculations, simulations and field trips. The project group has studied different areas of the arena in order to evaluate ways to improve the energy situation for each specific arena. The solutions has then been evaluated based on their respective applicability, energy saving capability, investment cost and payback time.

Solutions found to be easy to apply with small investments were installing moving sensors for lights in dressing rooms and corridors and to make sure all doors to the arena are properly sealed. Some of the bigger investments included replacing glass in the windows, installing LED-tubes as light source and installing an airlock at the entrance.

One conclusion to be drawn from the project is there are lots of ways to make an ice arena more energy smart, but the most important part is to anchor all the decisions with the working staff. If the new techniques are not properly taught and used, there will not be the required effect.

Sammanfattning

Denna rapport skrivs som en sammanfattande slutrapport för kandidatarbetet "Energismarta Ishallar" i kursen "Självständigt arbete i Energisystem". I projektet har gruppen studerat möjligheten att göra A-hallen i Gränby, Uppsala mer energismart genom att bland annat försöka minska energianvändningen och se över möjligheten att installera solceller. Under projektets gång har flera mindre områden av hallen studerats separat, och förändringsförslag har tagits fram och utvärderats. Projektet har baserats på teoristudier, beräkningar, simuleringar och studiebesök. Varje delområde har hanterats utifrån områdets karaktär. Under projektets gång har delrapporter skrivits och resultaten från dessa har resulterat i denna slutrapport. Gruppen har valt att värdera lösningarna efter hur enkla de är att tillämpa, hur stor energibesparing de skulle innebära, samt investeringskostnaden och återbetalningstiden.

Enkla lösningar med kort återbetalning:

- Se över samtliga dörrar så att de är ordentligt tätade och inte läcker värme. Detta kan spara upp till 5 000 kWh/år.
- Installera rörelsevakter i serviceutrymmen, så som toaletter, omklädningsrum och korridorer. Dessa investeringar har en återbetalningstid på 2-6 år.
- Installera en lågstrålningsduk i hallens tak. Detta kommer medföra minskade strålningsförlusterna genom taket.

Lösningar som kräver lite större investeringar:

- Investera i energifönster för att minska värme och kylläckage. Dessa har en återbetalningstid på cirka 12 år och kan spara cirka 7 000 kWh/år.
- Byt ut lysrören mot LED-belysning i befintlig armatur. Detta ger en bättre ljusbild, påverkar isen positivt samt minskar den installerade effekten med 52%. Återbetalningstiden är drygt 2 år, dock ej installation inräknad.
- Se till att ingången till hallen är utrustad med en entré som inskar energiläckage, till exempel en luftsluss.

Större och mer omständliga lösningar som kräver större investeringar:

- Se över hallens värmesystem och överväg att investera i en värmeanläggning som värmer underifrån sätena istället för ovanifrån.

Utöver dessa åtgärder har projektet visat att det är viktigt att förankra beslut rörande ny teknik hos de i personalen som kommer jobba med den. Detta då det är viktigt att det finns en kunskap och en vilja att använda den nya tekniken. Det är oväsentligt hur bra en teknik är om den inte används på ett korrekt sätt.

Gruppen skulle vilja tacka:

Vår handledare vid SLU Åke Nordberg, handledare vid STUNS, Hanna Jansson och Emma Ytterström för vägledning och återkoppling. Vi vill tacka Jan Åkerlund, förvaltare av Gränbys sportfältets ishallar för tillgång till data och besök vid hallarna. Slutligen vill vi även tacka Viktor Hagren (Stadion), Mikael Karlsson och Ulf Larsson (Zinkensdamm), Stefan Fjellström, Åge Andersson och Stefan Tegfeldt (Björklingshallen Huddinge), Jan Karlsson (Fönsterbyte Mälardalen AB) och Matthias Weiszflog (Uppsala Universitet) för expertis och assistans vid studiebesök.

Innehållsförteckning

Inledning.....	4
Bakgrund	4
Syfte.....	5
Mål.....	5
Projektgränser	5
Systemgränser och krav	6
Systemgränser	6
Krav – Iskvalité.....	6
Krav – Ljuskvalité	7
Delområden.....	7
Studiebesök	7
Energieffektivisering.....	7
Värmesystem.....	7
Isskötsel	8
Användning av isskrap	9
Klimatskärm.....	10
Belysning.....	13
Egen energiförsörjning	14
Solceller	14
Diskussion.....	15
Arbetsgång	15
Utvärdering av åtgärder	16
Slutsats	17
Källhänvisning.....	19

Inledning

Bakgrund

Denna rapport skrivs som en sammanfattande slutrapport för kandidatarbetet "Energismarta Ishallar" i kursen "Självständigt arbete i Energisystem". Ishallar är komplexa byggnader, med komplicerade energisituationer. Isen skall vara kall samtidigt som läktarna skall ha ett behagligt klimat för publiken. I omklädningsrummen finns varmvattenduschar för hockeyspelare och konståkare. Detta skall upprätthållas samtidigt som vädret under en säsong går från ljummen augusti till iskall januari-februari och in i våren igen. Den stora träningsarenan av is skall även vara jämnt upplyst och luften i anläggningen skall cirkulera utan att skada isens kvalité. Det finns över 350 ishallar i bruk i Sverige år 2017, spridda från norr till söder.¹

Hallen som projektet baseras på är A-hallen i Gränby, Uppsala, som ägs och förvaltas av Sportfastigheter AB. A-hallen klassas som en Publikhall A enligt Svenska Ishockeyförbundets regler och har en publikkapacitet på cirka 2800 personer.² Uppskattningsvis utnyttjas hallen mellan klockan 7.00-23.00, samtliga dagar i veckan under säsongen augusti-april.³ I hallen används ett indirekt kylsystem med ammoniak som köldmedium och kalciumklorid som köldbärare, vilket även är den generella lösningen i Sverige.⁴ Sportfastigheter har nyligen investerat i en anläggning för återanvändning av spillvärmen från kylanläggningen, och letar nu efter fler uppgraderingar att investera i. Gruppen har varit i kontakt med Jan Åkerlund, förvaltare av hallen i Gränby. Genom Åkerlund har gruppen fått tillgång till ClimaCheck, en programvara som sammanställer mätningar om energi och klimat, och är installerat i A-hallen.



Figur 1: Visar Gränby A-hall. Foto: Hanna Marklund

Gruppen har undersökt lösningar för att göra Gränby A-hall mer energismart, där energismart definieras som "någon eller något som inte använder energi i onödan och som väljer förnybar energi

¹ Svensson 2017a.

² Svensson 2017a.

³ Åkerlund 2017.

⁴ Svensson 2017a.

istället för icke förnybar energi.”⁵ Flera skilda områden har studerats, och förslag på förändringar har tagits fram där dessa uppskattats till möjliga. Vilka områden som har studerats har valts utifrån utvärderingar från studiebesök vid hallen, samt inledande övergripande litteraturstudier. Lösningarna har även utvärderats utifrån kostnad, hur omständlig ändringen är, samt hur applicerbar lösningen är för andra hallar.

Syfte

Sportfastigheter AB vill kunna fatta informationsbaserade beslut om hur deras ishallar vid Gränby sportfält ska kunna göras mer energieffektiva och miljöpositiva.

Syftet med denna rapport är att bistå med ett resultat som kan underlätta beslut om lösningar för egen energiproduktion, energieffektivisering av anläggningarnas system och delkomponenter.

Mål

Målet med projektet är att undersöka och utvärdera energismarta lösningar som passar Gränby sportfältets ishallar, utan att sänka kvalitén på isen för dess åkare. Dessutom ska resultatet kunna användas som underlag för andra ishallar som ämnar förbättra sin energianvändning.

- *Mer effektiv energiförbrukning*, som går ut på att utreda vilka komponenter i systemet som är de största energibovarna och hur dessa kan göras mer effektiva och vilken inverkan effektiviseringen har.
- *Mer miljöpositiva energikällor*, detta innebär att dimensionera och simulera möjligheter och inverkan för egen energiproduktion genom solceller.

Projektgränser

Projektet kommer:

- Att undersöka lösningar inom rimliga ekonomiska gränser.
- Att framföra lösningar som kunden ska kunna applicera.
- Att utreda tänkbara lösningsförslag med rekommendation om ytterligare utredning.
- Att baseras utifrån Gränby A-hall.
- Endast göra rimliga skattningar och överslagsberäkningar, och kommer endast undersöka översiktligt runt ekonomiska frågor.

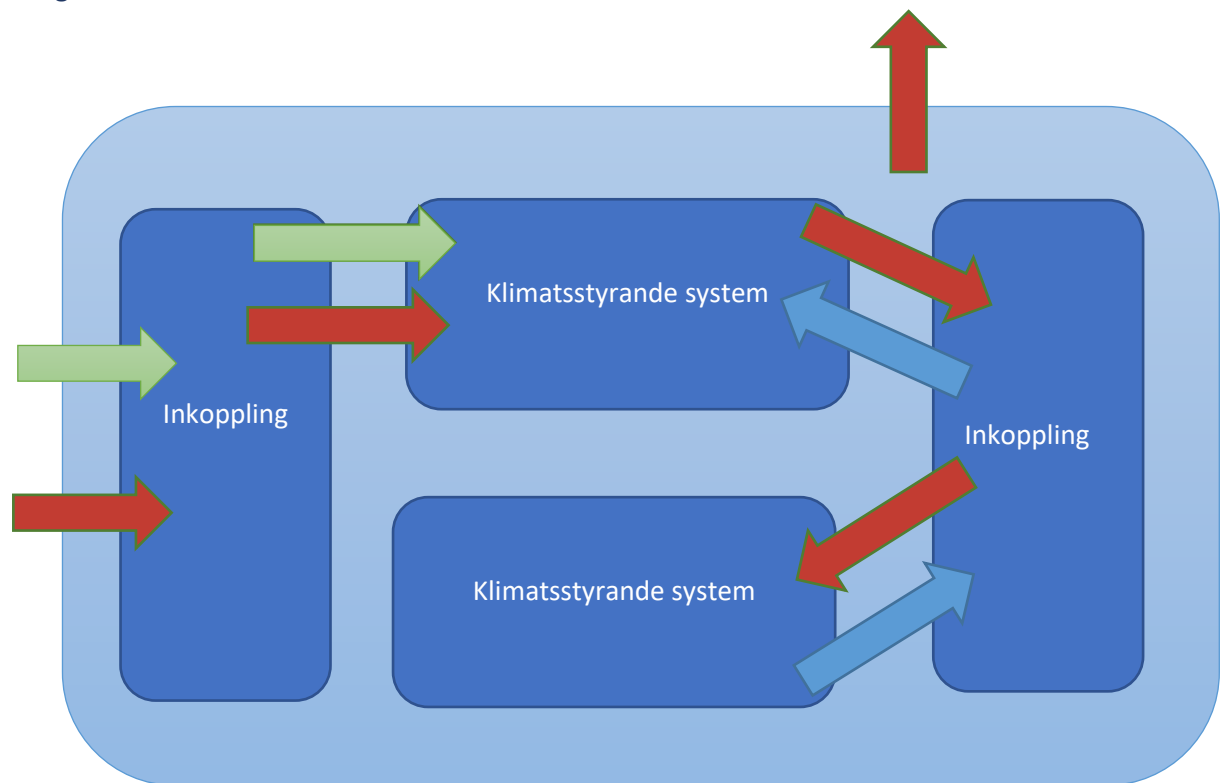
Projektet kommer inte:

- Att fortsätta utanför tidsbudgeten.
- Att fördjupas i olika sorters solceller och deras effektivitet, då projektet är kommunalt och eventuell förhandling om inköp av solceller kommer att ske genom en öppen upphandling om vilka solceller som kommer att användas.
- Att behandla frågor om ombyggnation av ishallar för installation av solceller, detta gäller både väggar och tak.
- Att utreda byten av det installerade maskineriet i ishallen.

⁵ Naturskyddsföreningen 2017.

Systemgränser och krav

Systemgränser



Figur 2: Hallens olika systemgränser där pilarna symboliserar till- och bortförel av värme (röd pil), kyla (blå pil) och elkraft (grön pil). Bilden visar hur de olika systemen kopplar till varandra.

Nedan listas vilka områden som studerats inom varje systemdel:

- Klimatstyrandesystem – Hallens uppvärmningssystem
- Inkoppling – Installation av solceller
- Betjänande system – Belysning och is
- Rumsluft – Denna systemgräns har använts för att kommunicera klimatkrav mellan de betjänade system och de klimatstyrande systemen.
- Klimatskärm – Dörrar, fönster och tilläggsisolering

Krav – Iskvalité

Kraven på isen har baserat på Svenska Ishockeyförbundets krav då dessa är mer strikta än de för t.ex. konståkning. För att uppnå en is som tillfredsställer ishockeyspelarnas behov finns en mängd yttre specifikationer. För större arenor likt Gränby A-hall spelas ställs högre krav på isens kvalité. Kraven regleras strikt och efterföljer Svenska Ishockeyförbundets rekommendationer.

De lösningar som projektet förslår får inte inskränka på följande krav: ⁶

- Luftfuktigheten bör ligga mellan 55-65%.
- Temperaturen vid isytan ska ligga mellan -2 och -3 °C.
- Temperaturen på luften som befinner sig på höjden 1-2m ovanför isytan ska ligga kring 5 °C.
- Isens tjocklek skall inte understiga 30 mm.

⁶ Sparre 2017.

- Isens underlag får inte ha en lutning som varierar med mer än +/- 8 mm. På motsvarande sätt bör ej buktigheten variera mer än +/- 3 mm per 2 m mätlängd.

Krav – Ljuskvalité

Det finns ett antal krav som belysningen i klassen Publikhall A måste uppfylla: ⁷

- Höjden från isen till belysningen ska vara minst 7 m.
- Ljusflödet ska vara minst 1000 lux, vilket motsvarar 1000 lumen/m².
- Färgåtergivning ska vara minst 80 Ra, vilket motsvarar en bra färgåtergivning.
- Belysningens jämnhet över isen mäts med 19 punkter och kvoten mellan min- och maxvärdet ger uniformitetsfaktorn som ska vara minst 0,65.
- Färgtemperaturen från belysningen ska vara mellan 2400K och 6500K, över 4000K är någonting att sträva efter och enhetlighet i färgtemperatur.

Delområden

Nedan följer en sammanställning av de delområden som har studerats samt resultaten från dessa. För mer detaljerad inblick finns delrapporter inom samtliga områden.

Studiebesök

Under projektets gång har fyra studiebesök gjorts vid olika hallområden i Uppsala och i Stockholm. Hallarna som besökts är Gränby A-, B- och C-hall, Zinkensdamms ishall, Björkängshallen och Visättrahallen. Syftet med dessa besök har främst varit att få en bredare bild av olika hallars tekniska skillnader och system. ⁸

Slutsatser som dragits är att varje hall är unik och fungerar på olika sätt både gällande struktur och system. Lärdom som dragits är att i många fall är hallens interna kommunikation ett område där det finns utrymme för förbättring. När nya tekniker implementeras bör representanter från flera yrkeskategorier inkluderas. Att inkludera isläggare, hallvärdar och tekniker i beslut och erbjuda samt uppmuntra utbildning till samtliga involverade kan ge större förståelse parterna emellan. En ishalls energianvändning kan sänkas med upp emot 10 % genom att utbilda hallens personal kring nya tekniker. ⁹

Energieffektivisering

Värmesystem

Idag värms hela A-hallen i Gränby upp genom luftventilation placerad i taket. Läktarna värms genom takventilationen som sprutar ned varmluft längs med taket och sedan sidorna av hallen. Luften blir värmd via en värmeväxlare ansluten till fjärrvärmenätet. Enligt uppmätningar av ClimaCheck används stora mängder energi för att värma hallen. År 2016 användes ungefär 1 750 000 kWh för uppvärmning, jämfört med kylsystemet som använde ungefär 1 484 000 kWh.¹⁰

Det har utvärderats huruvida värmesystemet kan utvecklas för att minska energianvändningen. Med det nyutvecklade systemet tillförs värme till läktarna genom uppvärmda säten istället för genom luftventilation från taket. Systemet ska fungera med samma princip som golvvärme, ergo att värma läktarna med varmvattenslingor eller elektriska värmeslingor.¹¹

⁷ Marklund 2017.

⁸ Lundmark & Sparre 2017.

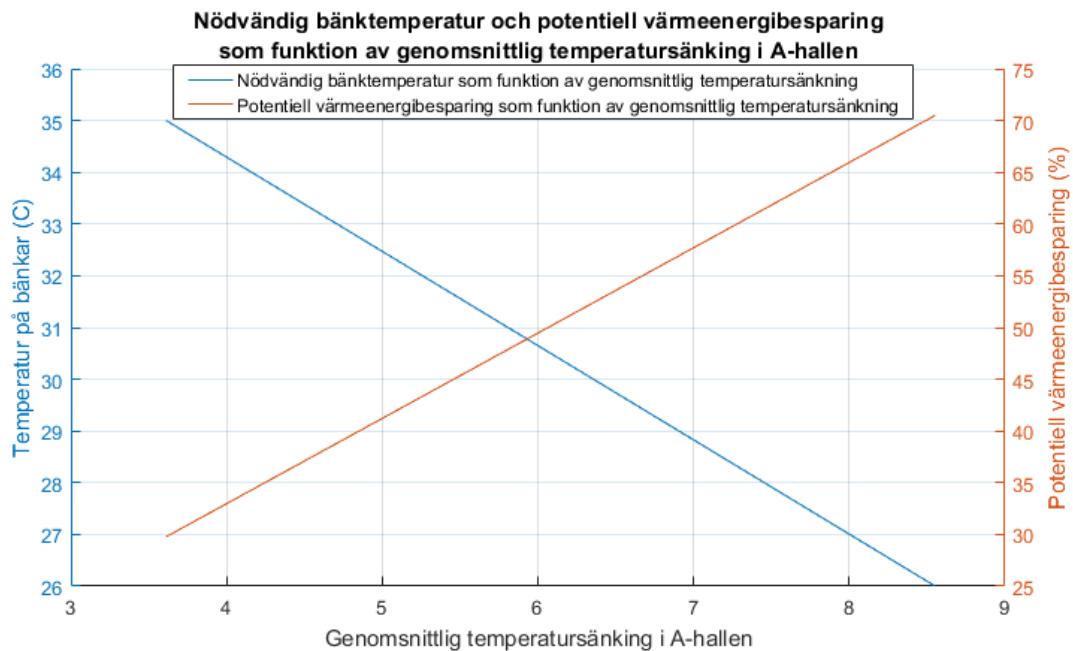
⁹ Rogstam 2012.

¹⁰ ClimaCheck 2016.

¹¹ Wallgren 2017.

En utmaning när det kommer till värmesystemet är att åskådarna på läktarna vill kunna sitta och titta på isrinksaktiviteter utan att frysa för mycket. Anledningen till att vilja ändra från luftventilation till bänkvärme, är att det är möjligt att sänka temperaturen i luften och fortfarande bevara termisk komfort, och därmed minska energikostnaderna.¹²

I projektet har det simulerats genomsnittlig temperatursänkning i hallen och potentiell värmeenergibesparing som beroende på vilken temperatur som önskas i bänkarna. Hur dessa korrelerar ses i Figur 2 nedan:



Figur 3: Figur som visar den nödvändiga bänktemperatur (blå) som korresponderar till genomsnittlig temperatursänkning i A-hallen och vilken potentiell värmeenergibesparing (röd) som skulle kunna vara möjlig.

Isskötsel

Energianvändningen för istillverkningen är cirka 450 000 – 650 000 kWh/år i en generell ishall (rink 30x60m²). Isytan motsvarar 1800 m². Vattenmängden som används per spolning är cirka 500 liter hett vatten (45 °C). Det kan därför medföra stora energibesparingar om temperaturen på läggvattnet sänks. Det finns ett antal metoder att göra detta.¹³

För att isen ska bli mer tålig, jämn och klarare homogeniseras läggvattnet. Detta görs vanligtvis genom att hettat upp vattnet och som därmed minskar mängden luft i vattnet. En annan metod för att minska mängden luft i vattnet är att använda en så kallad vortex generator. Vortex är en rotationsrörelse hos en fluid, en virvel skapas hos läggvattnet som sedan pressas ut genom munstycket. Om mängden luft i vattnet från början är mindre, behöver inte vattnet värmas upp lika mycket för att få ett läggvatten som ger en tålig, jämn och klar is. Vortexgeneratorn installeras i ismaskinen eller i den vattenledning kopplad för påfyllnad av ismaskinen. Isens uppbyggnad förändras genom att en tydligare struktur mellan vattenmolekylerna skapas och viskositeten förändras.¹⁴ Dessa förändringar hos vattnet gör att isläggning inte kräver lika hög vattentemperatur och därigenom inte lika stor energiförbrukning. Med Realice vortexteknik ska energibesparingar

¹² Wallgren 2017.

¹³ Sparre 2017.

¹⁴ Sparre 2017.

motsvarande 100 000 kr kunna nås per år, detta om vattnet som används värms med hjälp av fjärrvärme. Inköpspriset för en vortexgenerator är cirka 150 000 kr.¹⁵

En annan metod är att avjonisera vattnet i en avsaltningsanläggning. Användning av avjoniserat vatten kan bidra till bättre och stabilare isar. Avjoniserat vatten fryser snabbare och innehåller en mindre mängd löst luft och föroreningar vilket ger en mer genomskinlig is. Till följd av den minskade mängden luft och föroreningar i vattnet bildas en mindre mängd snö jämfört med en is lagd med vanligt kranvatten. Hur mycket energi som kan sparas med denna typ av teknik är individuellt för varje hall, därför har inget tydligt resultat kunnat ges. Inköpspriset för en avsaltningsanläggning är cirka 200 000 - 300 000 kr.¹⁶

Huruvida avjoniserat vatten eller vortexbehandlat vatten ger ett bättre isresultat än varmt kranvatten finns inget tydligt resultat kring. Upplevelse och arbetsbelastning hos isläggare har stor betydelse för det slutliga resultatet. Om intresse för förändring eller lärande av nya system saknas har mindre energibesparingar föga betydelse. Genom att utbilda personal i de anläggningar där Realice system finns installerat och följa de produktrekommendationer som finns är förhoppningen att tydligare resultat skall kunna ses.¹⁷

För att skapa en jämnare isyta är en billigare investering en kantfräs I projektet har märket Iceguard studerats. Inköpskostnaden för en kantfräs av detta märke är cirka 120 000 kr. Med hjälp av denna kan den konkava isprofil som lätt bildas till följd av ismaskinens framfart reduceras. Kantfräsen medför även att den genomsnittliga istjockleken kan hållas lägre, vilket leder till minskat kylbehov och därigenom minskad energianvändning.¹⁸

Övriga åtgärder för förbättrad iskvalité så som utbyte av ispist (installation av tjälskydd) har visat sig för dyrt och omständligt. I Visättrahallen i Huddinge där tjälskydd installeras under våren och sommaren 2017 uppgår kostnaderna till drygt åtta miljoner kronor.¹⁹

Användning av isskrap

Då ismaskinen spolar isen i ishallen mellan aktiviteter så samlar den samtidigt upp snö från isen. Denna snö smälts idag i en så kallad smältgrop med hjälp av vatten som värms med spillvärme från kylanläggningen.²⁰ I projektet undersöktes om denna snö skulle kunna användas i ett bättre syfte än att bara smältas bort. Två specifika användningsområden utreddes, nämligen att förvara snön och utnyttja till snökyla under varmare perioder, eller att använda snön till att lägga skidspår.

Snökyla

Snökyla baseras på idén att samla snö under de kallare perioderna under året. Snön isoleras och sparas, för att sedan användas som kyla under de varmare perioderna under året. Ofta används en köldbärare som transporterar kylan från snögropen till önskad plats. Det är även vanligt att använda smältvattnet från snön som denna köldbärare. Sundsvalls sjukhus är ett känt exempel på lyckad användning av snökyla då sjukhuset sedan år 2000 årligen fått 77–93% av sin kyla från snökyla.²¹

¹⁵ Sparre 2017.

¹⁶ Sparre 2017.

¹⁷ Sparre 2017.

¹⁸ Sparre 2017.

¹⁹ Fjellström 2017.

²⁰ Åkerlund 2017.

²¹ Svensson 2017b.

Det är dock svårt att finna exempel på snökyla som appliceras i mindre anläggningar. Resultatet tyder på att ju större anläggning, desto mer ekonomiskt fördelaktig är en installation av systemet. På dessa grunder rekommenderas Gränby A-hall inte investera i en snökylaanläggning.²²

Skidspår

Det har även studerats huruvida det är lönsamt att anlägga skidspår med den avskrapade snön. Det finns många tidigare exempel på tillfällen då snö från ishallar eller isbanor utnyttjas som konstsnö till skidåkning.²³ Frågan är dock ifall det blir en energimässig vinst för hallen att utnyttja snön till detta istället för att smälta den i smältgropen.

Enligt simuleringar smälter cirka 9 m³ snö varje dag på grund av värmeutbyte med luften, och lämnar en konstant snöhög vars volym varierar mellan 4 m³ och 12 m³ beroende på vilken densitet snön har. Det krävs 541 kWh varje dag för att smälta den snö som skrapas från isen i hallen. Om snön smälte utan smältgrop skulle detta innebära 541 kWh värme per dag som måste ersättas för att hålla temperaturen i hallen konstant. I och med att smältgropen utnyttjar spillvärme till att smälta vattnet så kan denna existerande lösning vara energimässigt fördelaktig, så länge det inte finns något bättre att använda denna spillvärme till.²⁴

Trots att det inte finns en självklar energimässig fördel att utnyttja snön till skidspår så kan detta fortfarande vara positivt i andra bemärkelser. Om snön används till ett eget spår skulle detta öka fördelarna hos idrottsområdet. Snön kan även skänkas till existerande skidspår för att bespara dessa arrangörer att behöva tillverka egen konstsnö, eftersom det inte kommer vara någon energimässig förlust för hallen att inte behålla snön.²⁵

Klimatskärm

Ordet klimatskärm beskriver de delar av en byggnad som skiljer inomhus- från utomhusklimatet. I begreppet inkluderas ytterväggar, fönster, dörrar och tak.²⁶ Då utomhustemperaturen varierar så pass mycket under säsongen och därför bidrar till stora och varierande temperaturskillnader så kan värmeförluster genom klimatskärmen räknas till de större energiförlusterna för hallen.²⁷

Fönster

I bostadsfastigheter står fönster för 35 % av värmeförlusterna.²⁸ Då fönster utgör en stor del av värmeförlusterna i andra typer av byggnader så har förlusterna och åtgärderna för värmeläckage genom Gränby A-halls fönster utretts. I hallen finns idag 20 stycken större fönster som är cirka 2 m höga och 0,5 m breda. Utöver detta består huvudentrén också till stor del av glas och utgör tillsammans med fönstren en area på sammanlagt 26 m². Ett fönsters isolerande egenskaper beskrivs vanligast med ett u-värde eller värmegenomgångskoefficient som har SI enheten W/m²K. Ju lägre u-värde fönstret har desto bättre isolerande förmåga har det. De glas som är installerade i hallens fönster idag är enkelglas utan ytbehandling. Detta medför att glaset får ett u-värde kring 5–6 W/m²K. Då det exakta värdet inte varit känt har ett u-värde hämtats från rapporten Glasfakta, där u-värdet för ett obehandlat enkelglas satts till 5,7 W/m²K.²⁹

²² Svensson 2017b.

²³ Svensson 2017b.

²⁴ Svensson 2017b.

²⁵ Svensson 2017b.

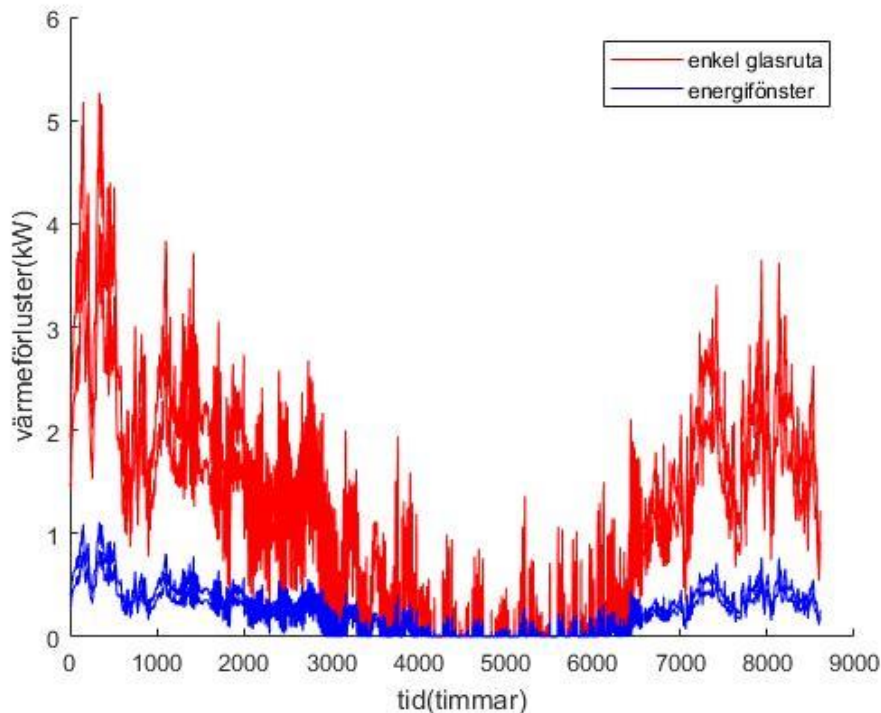
²⁶ Abel & Elmroth 2014.

²⁷ Svensson 2017c.

²⁸ Lundmark 2017.

²⁹ Lundmark 2017.

I projektet har det utretts hur stora besparingar på värmeenergi som kan göras genom att byta till energifönster med ett u-värde på 1,2 W/m²K. Kostnaden för att byta fönster är ansatt att ligga på 4700kr/fönster. I priset är moms och arbete inräknat, och 30 års garanti ingår. Värmeförluster har beräknades med hjälp av programmet Matlab, där väderdata från år 2016 hämtades från SMHI och använts för att uppskatta utomhustemperaturen. Temperaturdata, på timbasis, har sedan använts som grund i beräkningarna, som resulterade i de simulerade värmeförlusterna i Figur 3.³⁰



Figur 4: Värmeförluster genom hallens fönster och entré, där energiförlusterna för de glas som används idag (röd) är jämförda mot de förluster som skulle uppstått i hallen om man istället använt energiglas (blå).

Besparingarna av värmeenergi för glasbytet skulle resultera i sammanlagt cirka 8 600 kWh/år om allt glas i fasaden (fönster och entré) byttes mot energiglas respektive 6 800 kWh/år om endast fönsterglasen skulle renoveras. Återbetalningstiden beräknas ligga mellan 11-13 år.³¹

Att byta hallens fönster bidrar inte i någon större minskning av hallens totala energikonsumtion trots att den relativa andelen energi som läcker igenom minskas drastiskt. Det innebär och andra sidan ingen direkt förlust att installera fönsterna i hallen då de återbetalat sig själva inom 11-13 år.³²

Dörrar

Till klimatskärmen hör även entréerna till hallen. Huvudentrén ses idag som ett problem av hallens förvaltare Åkerlund, då entrén enbart består av enkla slagdörrar som tillgodoser lokalen med väldigt lite skydd från yttre temperaturpåverkningar.³³

³⁰ Lundmark 2017.

³¹ Lundmark 2017.

³² Lundmark 2017.

³³ Åkerlund 2017.



Figur 5: Visar huvudentrén till Gränby A-hall. Foto: Lovisa Svensson.

Gruppen har undersökt lösningen att installera en luftsluss vid huvudentrén för att kunna skilja hallens klimat från omgivningens. Resultatet tyder på att denna förändring skulle vara en bra lösning. En luftsluss skulle minska hallens energiförluster, samtidigt som den inte skulle behöva minska passagetätheten nämnvärt. Fördelarna kan minska under perioder då passagetätheten är väldigt hög, till exempel inför hockeymatcher, då det finns risk att båda dörrarna kommer att vara öppna samtidigt under stor del av tiden. Denna nackdel kommer dock enbart att riskeras vid kortare perioder. Hallen bedöms klara av en installation utrymmesmässigt, om luftslussen kan byggas delvis eller helt utanför hallen. Påverkan av en luftsluss kommer inte att påverka hallens möjligheter till nödutrymning, då dessa sker genom nödutgångar, skilt från huvudentrén.³⁴

Det rekommenderas även att se över tätning av andra dörrar i fasaden. Båda dessa förändringar uppskattas som relativt enkla och snabbverkande investeringar och uppskattas kunna göra energibesparingar i storleksordningen 5 000 kWh/år per förändring.³⁵

Tilläggsisolering

Tilläggsisolering är ett annat sätt att förstärka klimatskärmen. Under projektet har tilläggsisolering i hallens tak utretts. En lågstrålningsduk är en isolerande duk som reflekterar värmestrålning tillbaka i hallen. Strålarna bryts av och värmen isoleras i materialet. Dessa dukar är tunna och består av aluminiumfolie i tunna lager samt bubbelplast. Kylförlusterna minskas och upp emot 97 % av värmestrålningen reflekteras och fungerar samtidigt som en ång- och luftspärr samt isolering. Denna åtgärd är enkel och kostnadseffektiv att implementera i hallen.³⁶

I början av projektet inleddes en utredning kring tilläggsisolering i hallens väggar. Slutsatsen att denna åtgärd inte skulle vara ekonomiskt försvarbar. Utredningen inom detta område avbröts därför i tidigt skede.

³⁴ Svensson 2017c.

³⁵ Lundmark 2017.

³⁶ Sparre 2017.

Belysning

Det fem vanligaste belysningsteknologierna i svenska ishallar är lysrör, högtryckslampor, halogenlampor, LED-belysning och induktionslampor. Majoriteten, cirka 80 %, har lysrörsbelysning och 95% av hallarna har någon form av ljusreglering.³⁷



Figur 6: Visar belysningen i Gränby A-hall. Foto: Hanna Marklund.

I Gränby A-hall finns det 704 lysrör över isen.³⁸ Exakt vilken lysrörsarmatur och vilka lysrör som används är inte känt och då har antagandet gjorts att G13 med T8-lysror används. År 2016 användes 87 000 kWh till belysning i hallen, där största delen antas komma från belysningen över isen, baserat på data från ClimaCheck.³⁹

Beräkningar har gjorts för att få en uppfattning om vilka lysrör som sitter installerade. 704 lysrör med en uppskattad effekt på 36W ger en installerad effekt på 25 kW och en årsförbrukning på 111 000 kWh/år, vilket är i storleksordning med antalet kWh förbrukade under år 2016 särskilt utifrån att ljusreglering inte tagits med i beräkningar.

Det är möjligt att ersätta lysrör av T8-sort med LED-lysror i befintlig armatur med några justeringar.⁴⁰ Beräkningar visar att genom att ersätta T8-lysroren med LED-lysror skulle den installerade effekten minska med 60 % och återbetalningstiden för lysroren skulle vara 1,5 år. Detta alternativ uppfyller inte belysningskravet på 1000 lux utan kommer endast upp i 820 lux.⁴¹

För att uppfylla detta krav gjordes beräkningar på ett annat alternativ, att installera 2 extra bärlinor med armatur och ersätta alla lysrör med LED-lysror. Den installerade effekten skulle minska med 52% och investeringen av lysroren skulle betala igen sig efter 2,3 år. Installationskostnaden och kostnad för bärlinor och armatur är inte medräknad. Den minskade kostnaden för underhåll, då LED-belysningar har längre livslängd än lysrör, är inte heller medräknad.⁴²

³⁷ Marklund 2017.

³⁸ Åkerlund 2017.

³⁹ ClimaCheck 2016.

⁴⁰ Marklund 2017.

⁴¹ Marklund 2017.

⁴² Marklund 2017.

I Gränby ishalls serviceutrymme finns olika belysningar i olika delar och ett problem som finns är att allt är tätt hela tiden, framför allt i korridorerna.⁴³ Genom att installera rörelse- eller närvarovakt i serviceutrymmen kan energi sparas då belysningen släcks eller sänks vid behov. Beräkningar på rörelsevakt på toalett med 30W belysning visar att återbetalningstiden skulle vara 6,4 år och energibesparingen 157 kWh/år. För en korridor med 8 lysrör á 36W skulle återbetalningstiden vara 2,4 år och energibesparingen 421 kWh/år.⁴⁴

Ett examensarbete på tekniska högskolan i Jönköping har gjorts i samarbete med Svenska Ishockeyförbundet och El- & kylanalys angående det visuella perspektivet på LED-belysning i ishockeyanläggningar. Resultatet visade att LED-belysning är ett bra alternativ ur det visuella perspektivet. Tidigare problem som flimmer vid slowmotion sekvenser och att pucken flyter samman med bakgrunden försvinner vid byte från metallhalogen till LED. LED-ljusets dagsljusliknande ljus upplevdes uppiggande och hallen upplevs mer upplyst, sett till ljusnivå, ljusfärg och jämnhet. LED-belysningen har ingen värmeutveckling i ljusriktningen, vilket har en positiv effekt på isens kvalitet.⁴⁵

I februari 2017 finns fler än 25 anläggningar i Sverige med LED belysning installerade och trenden på marknaden visar på LED- och lysrörlösningar. Prisutvecklingen på LED-armatur är nedåtgående och tillsammans med bra tekniska egenskaper anpassade för kall miljö syns LED vara en av framtidens belysningstekniker.⁴⁶ Två exempel på hallar där LED-belysning installerats är Sportcentrum Norrtälje som minskade sin installerade effekt med 30% och IVT-hallen i Spånga som minskade sin installerade effekt med 70%.⁴⁷

Egen energiförsörjning

Solceller

En föreslagen åtgärd för att minska energikostnaderna var implementationen av solceller på taket. Den ekonomiska hållbarheten för solceller undersöktes genom en simulering i programmet simulink baserat på meteorologiska och ekonomiska data från år 2016.

Solceller genererar en effekt baserat på det instrålade solljuset och cellens verkningsgrad. Den faktor som i största grad påverkar solcellens verkningsgrad på en daglig basis är solcellernas temperatur som i sin tur påverkas av lufttemperatur, vindhastighet och instrålning.⁴⁸

Simuleringen tog hänsyn till temperatur och instrålning på timbasis, hallens öppettider, förändring i spotpriset på månadsbasis, den ideala vinkeln för solpaneler på månadsbasis och den konsumerade elektriciteten för belysning under sommaren. Schablonmässiga värden för solpanelens relevanta parametrar togs fram genom att jämföra informationsblad för tre solpaneler på marknaden.⁴⁹

Övriga approximerade värden inkluderar hallens elförbrukning under tiden då den är öppen för besökare, inköpspriset för elektricitet, energiförlusten i växelriktare samt förluster på grund av smuts och snö.⁵⁰

⁴³ Åkerlund 2017.

⁴⁴ Marklund 2017.

⁴⁵ Marklund 2017.

⁴⁶ Marklund 2017.

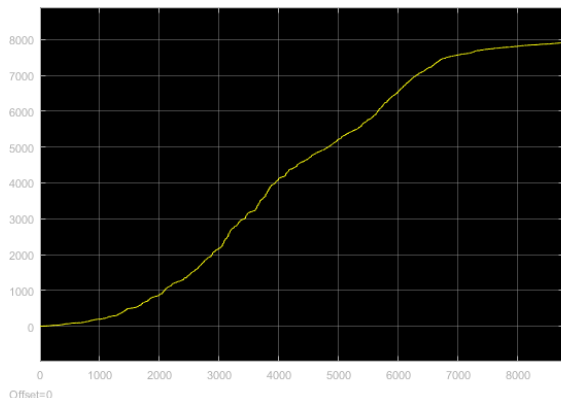
⁴⁷ Marklund 2017.

⁴⁸ Schultz 2017.

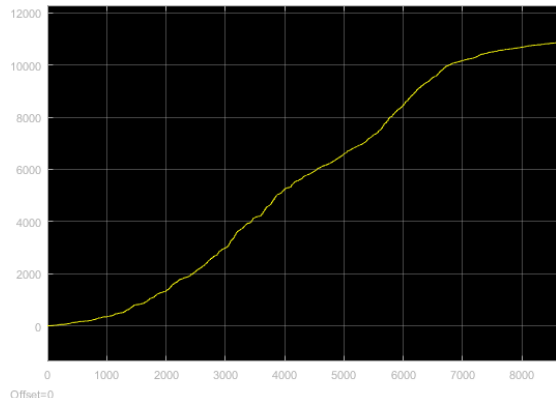
⁴⁹ Schultz 2017.

⁵⁰ Schultz 2017.

Simuleringen visade på en årlig vinst på 101 kr respektive 80 kr per kvadratmeter solpanel då solpanelerna antogs ha lutningen 42° respektive 0°. ⁵¹ Simuleringen, i kombination med företaget Vattenfalls största standarderbjudande på 133 600 kr för 43 m² solpaneler, skulle innebära en återbetalningstid på 28 respektive 39 år vilket inte antas lönsamt. ⁵²



Figur 7: Återbetalning över ett år för 100 m² solpaneler vid 0° lutning.



Figur 8: Återbetalning över ett år för 100 m² solpaneler vid 42° lutning.

Diskussion

Arbetsgång

Arbetet kring de olika förbättringsområdena har under projektets gång fördelats på kandidatgruppens medlemmar. Detta har gjort att många olika åtgärder har tagits fram, men skilt från varandra. Huruvida de olika lösningarna påverkar varandra, skapar kedjereaktioner och hur detta påverkar slutresultatet har inte tagits i beaktning.

Under arbetet med projektet så har det funnits väldigt varierande mängd valida data att tillgå. Programvaran ClimaCheck som har funnits till förfogande har i en del fall gett givande information, samtidigt som många datapunkter har haft osäkra ursprung, obefintliga definitioner eller orimliga nivåer. Till exempel skall Gränby A-hall enligt ClimaCheck ha en total värmeanvändning som motsvarar 1,7 gånger vad en normal hall drar totalt i energi. Detta har ansetts som tvivelaktigt, och beror antagligen på en felaktig summering i programmet. I brist på bättre alternativ har gruppen dock valt att använda även dessa värden för sina beräkningar och simuleringar. I allmänhet har många antaganden gjorts vilket då påverkar resultatet.

De olika studiebesöken har bidragit mycket till ytterligare förståelse för ishallars funktion och utmaningar, och det har även öppnat upp nya idéer för områden som skulle kunna vara intressanta att studera. Projektet har dock inte inkluderat dessa, i och med den tid- och resursbudget som har funnits. Nedan presenteras ett antal av de förslag som har uppkommit under arbetets gång men som ej har utvärderats:

- Ishall och simhall i symbios
- Värmelagring
- Återvinning av vatten
- CO₂ som köldmedium

⁵¹ Schultz 2017.

⁵² Schultz 2017.

En aspekt som uppkommit i samband med de studiebesök som gjorts är de olika inställningarna kring hallarnas installerade teknik. Driftstekniker, isläggare och andra som arbetar i samma hall och med samma system hyser inte alltid lika åsikter kring hur väl tekniken fungerar. Ett exempel är inställningen till Realice vortexgenerator, där Huga Fastigheter AB aktivt installerat dessa i samtliga fem hallar i Huddinge kommun. I teorin skall de ge bättre is till ett billigare pris men denna upplevelse delas inte av alla. Generatorerna har i flera av hallarna gått sönder ett antal gånger och vissa isläggare är inte helt nöjda med resultatet. I Segeltorpshallen tog det två år för isläggaren att hitta en metod som gav önskat resultat med just Realice tekniken enligt Stefan Fjellström. Detta känns som en onödigt lång utvärderingstid som istället hade kunnat lösas genom utbildning och annat stöd.

Genom resultaten från de olika delarna har en del åtgärder valts ut som applicerbara. Dessa har kategoriserats efter hur enkelt dessa appliceras samt hur givande ändringen är.

Utvärdering av åtgärder

Många av förändringarna som föreslås i rapporten innebär rutinförändringar, framför allt när det kommer till ny teknik kring ishantering. Det är därför av stor vikt att förankra nya idéer hos de som använder tekniken i sitt vardagliga arbete. Gruppen har under projektet sett flera exempel på när drifttekniker och isläggare har helt olika uppfattning kring hur bra en ny teknik är. Det är irrelevant hur bra en teknik är om de som använder den varken vill eller kan applicera den på rätt sätt. Gruppen bedömer att det är värt att satsa på internkommunikation och utbildning och finner denna investering värdefull oavsett hur stora tekniska förändringar som man ämnar genomföra.

Installation av rörelsevakter till belysningen är en enkel investering som inte kräver några större ombyggnationer. Genom installation kan det uppskattningsvis sparas upp till 50 % av energianvändningen till belysningen i serviceutrymmen, och beräknas återbetala sig inom en rimlig tid. Detta är därför en investering som rekommenderas.

Att se över att alla dörrar är täta och att det inte finns luftdrag när de är stängda är en enkel och energieffektiv besparing som är en av de lösningar som kan anses applicerbara på vilken generell ishall som helst. Investeringskostnaderna och energibesparingen kan variera beroende på hur stora läckagen är, men resultatet i rapporten bedömer denna investering ha kort återbetalningstid och kunna spara runt 5 000 kWh/år.

Att renovera eller byta hallens fönster är en relativt liten investering både tidsmässigt och ekonomiskt. Med de besparingarna av värmeenergi som ett byte skulle medföra återbetalas fönsterna på 11–13 år. Enligt de simuleringar som gjorts beräknas hallen kunna spara 6 000 – 8 000 kWh/år. Att byta hallens fönster skulle bidra till energibesparingar av relevant storlek. Gruppen finner att det är en lämplig investering då återbetalningstiden är relativt kort.

Att köpa in en kantfräs är en enkel och relativt billig investering. Att på ett smidigt sätt kunna jämna ut isytan för en mindre konkav profil och ett trevligare spel är önskvärt för såväl isläggare som spelare. Kantfräsen medför även att den genomsnittliga istjockleken kan hållas lägre, vilket leder till minskat kylbehov och därigenom minskad energianvändning. Ett inköpspris på cirka 120 000 kr är ett relativt billigt pris.

Att installera en luftsluss är ett något mer tidskrävande och dyrare projekt. Beroende på hur den monteras kommer hela eller delar av entrén att behöva byggas om. Förslagsvis kan detta göras under sommarsäsongen, då hallen inte används lika aktivt, för att detta ska störa den kontinuerliga verksamheten så lite som möjligt. Upp emot 500 kWh/år kan sparas in med en ordentligt tätad port

av denna modell. Därför kan denna investering vara lönsam, men kommer att vara mer omständligt än de ovanstående förslagen.

Utbyte av lysrör till LED-lysror i befintlig armatur ger energibesparingarna på upp emot 60 % av installerad effekt. Att göra en nyinstallation, byte av all armatur och belysning, av LED är ett större projekt och installationskostnaden är förhållandevis dyr. Vid andra ombyggnationer, uppehåll hos hallens verksamhet eller motsvarande kan det vara fördelaktigt att se över denna typ av installation, då LED ger högre ljuskvalitet och minskad energikostnad på lång sikt. LED-belysning har en försumbar värmeutveckling vilket har en positiv effekt på isens kvalitet.

Det förslag på ombyggnation av värmesystemet som utreds i rapporten tyder på hög potential till energibesparingar för hallen. Det innebär dock en väldigt omständlig ombyggnation och i och med detta även stora finansiella investeringar. Det finns dessutom en del tekniska osäkerheter kring hur pass möjlig installationen är att göra i praktiken. Om detta system övervägs att appliceras rekommenderas därför att en mer grundläggande studie kring installationens praktiska tillämpning görs.

Installation av tjälskydd är en dyr och omständlig process. I de fall där ispisten är så pass dålig eller där risk för permafrost finns bör detta självfallet ske. Detta är ingen lösning som ger någon synlig energi- eller kostnadsbesparing.

Solceller anses, som tidigare nämnt, inte vara en ekonomiskt lönsam investering för ishallen i dagsläget. Däremot finns det en möjlighet för förändring i och med subventioner eller sänkta priser. Båda scenarion förefaller trovärdiga vilket innebär att det fortfarande finns en viss möjlighet för vinst. Dessutom finns det stora möjligheter för att förbättra simuleringsmodellen. I detta fall simulerades året 2016 vilket, förutsatt att 2016 inte är representativt för den årliga instrålningen, innebär en dålig bild av lönsamheten i framtiden. Dessutom användes vissa ekvationer för instrålningen baserat på panelvinkeln som troligt är bättre anpassade för sydligare breddgrader.

Slutsats

Projektet har lätt fram till ett antal förslag som kan implementeras för att optimera energianvändningen i Gränby A-hall. Majoriteten av förslagen kan även implementeras i andra ishallar.

Enkla lösningar med kort återbetalning:

- Se över samtliga dörrar så att de är ordentligt tätade och inte läcker värme. Detta kan spara upp till 5 000 kWh/år.
- Installera rörelsevakter i serviceutrymmen, så som toaletter, omklädningsrum och korridorer. Dessa investeringar har en återbetalningstid på 2–6 år.
- Installera en lågstrålningsduk i hallens tak. Detta kommer medföra minskade strålningsförlusterna genom taket.

Lösningar som kräver lite större investeringar:

- Investera i energifönster för att minska värme och kylsläckage. Dessa har en återbetalningstid på cirka 12 år och kan spara cirka 7 000 kWh/år.
- Byt ut lysrören mot LED-belysning i befintlig armatur. Detta ger en bättre ljusbild, påverkar isen positivt samt minskar den installerade effekten med 52%. Återbetalningstiden är drygt 2 år, dock ej installation inräknad.

- Se till att ingången till hallen är utrustad med en entré som inskar energiläckage, till exempel en luftsluss.

Större och mer omständliga lösningar som kräver större investeringar:

- Se över hallens värmesystem och överväg att investera i en värmeanläggning som värmer underifrån sätena istället för ovanifrån.

Utöver dessa åtgärder har projektet visat att det är viktigt att förankra beslut rörande ny teknik hos de i personalen som kommer jobba med den. Detta då det är viktigt att det finns en kunskap och en vilja att använda den nya tekniken. Det är oväsentligt hur bra en teknik är om den inte används på ett korrekt sätt.

Källhänvisning

Abel, Enno, & Elmroth, Arne, 2014, *Byggnaden som system*.

Fjellström, Stefan, 2017, maj 11, "Studiebesök Visättrahallen, Huddinge".

Lundmark, Linda, 2017, *Delrapport - Energifönster*, Uppsala.

Lundmark, Linda, & Sparre, Catarina, 2017, *Delrapport - Sammanställning av studiebesök*, Uppsala.

Marklund, Hanna, 2017, *Delrapport belysning*, Uppsala.

Naturskyddsföreningen, 2017, "Energifallets ordlista för lärare och alla andra.", 2017

[http://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/Ordlista_webb_2017_0.pdf] (åtkomstdatum: 2017-05-23).

Rogstam, Jörgen, 2012, *Stoppsladd fas 1-3, år 2009 – 2012*

[http://www.stoppsladd.se/Stoppsladd_fas_1_2_3.pdf] (åtkomstdatum: 2017-05-23).

Schultz, Egil, 2017, *Delrapport: Installation av solceller*, Uppsala.

Sparre, Catarina, 2017, *Delrapport iskvalité*, Uppsala.

Svensson, Lovisa, 2017a, *Delrapport - A-hallen i Gränby vs. generella ishallar i Sverige*, Uppsala.

Svensson, Lovisa, 2017b, *Delrapport: Användning av isskrap*, Uppsala.

Svensson, Lovisa, 2017c, *Delrapport: Entréer*, Uppsala.

Wallgren, Philip, 2017, *Delrapport: Värmesystem lösningar & möjligheter*, Uppsala.

Åkerlund, Jan, 2017, april 6, "Studiebesök vid Gränby fritidsanläggning".

ClimaCheck, 2016, Uppsala.

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 10 00
pdf.fil: www.slu.se/energioghteknik

SLU
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000